

## BAB Rangkaian Arus Bolak-balik

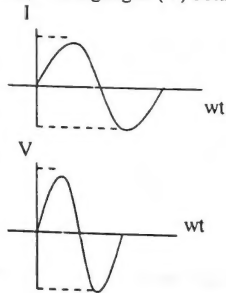
### A. Analisis Rangkaian Arus Bolak-Balik

#### 1. Nilai sesaat, Nilai Maksimum dan Nilai Efektif Dari Kuat Arus dan Tegangan ac dinyatakan dengan Fasor

Nilai sesaat arus ( $i$ ) dan tegangan ( $V$ ) bolak-balik.

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$V = V_m \sin \omega t$$



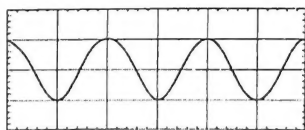
Nilai Efektif dari Alat ukur Arus dan Tegangan Bolak-balik

$$I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \text{ atau } I_m = I_{ef} \sqrt{2}$$

$$V_{ef} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \text{ atau } V_m = V_{ef} \sqrt{2}$$

#### Latihan Soal

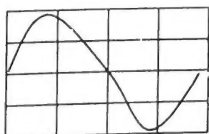
- Sebuah voltmeter yang dihubungkan ke terminal-terminal sebuah sumber tegangan ac menunjukkan 200 V. Sebuah alat listrik dengan hambatan 50 ohm dihubungkan ke sumber tegangan itu. Tentukan :
  - Nilai efektif dan maksimum tegangan sumber
  - nilai efektif dan maksimum arus sumber
  - nilai puncak ke puncak
- Sebuah sumber tegangan ac  $v = 80 \sin 100\pi t$  dihubungkan ke ujung-ujung resistor 20 ohm. Tentukan besar arus yang ditunjukkan amperemeter ac yang dipasang seri dengan resistor itu.
- Sebuah osiloskop diatur sehingga penguat vertikal 3V/cm dan waktu sapu horizontal 10 cm/s. Ketika suatu sinyal diberikan pada masukan terminal tegangan osiloskop, terlihat tampilan pada layar seperti pada gbr.



Tentukan :

- tegangan maksimum dan tegangan puncak ke puncak
- frekuensi sinyal.

- Suatu sumber tegangan bolak-balik dihubungkan ke sebuah Osiloskop. Dengan mengatur tombol skala vertikal pada angka 2V/cm dan tombol sweep time pada angka 5 ms/cm, maka diperoleh tampilan gambar seperti di bawah ini.



Tentukan Tegangan Efektif dan frekuensi sumber.

### 2. Rangkaian Resistif, Induktif, dan kapasitif murni

#### a. Rangkaian arus bolak-balik untuk Resistor murni

Diagram Fasor



$$i \text{ dan } v \text{ sefase}$$

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$v = V_m \sin \omega t$$



Rumus Dasar

$$V_m = I_m R$$

$$P = I_{ef}^2 R$$

#### b. Rangkaian arus bolak-balik untuk induktor murni

Diagram Fasor



$v$  mendahului arus  $i$  sebesar  $90^\circ$

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$v = V_m \sin (\omega t + 90^\circ)$$

Rumus Dasar

$$V_m = \omega L I_m$$

$$X_L = \omega L$$

#### c. Rangkaian arus bolak-balik untuk Kapasitor murni

Diagram Fasor



$v$  terlambat  $90^\circ$  terhadap arus  $i$ .

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$v = V_m \sin (\omega t - 90^\circ)$$

Rumus Dasar

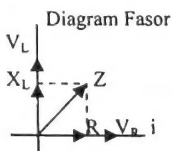
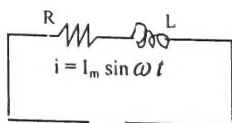
$$V_m = \frac{I_m}{\omega C}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

#### Latihan soal

- Sebuah sumber ac dihubungkan ke ujung sebuah induktor murni 125 mH.
  - Jika tegangan ac yang diberikan  $v = 80 \sin 200t$  volt. Tentukan persamaan Arus sesaat yang melalui induktor. Hitung kuat arus pd saat  $t = \frac{7\pi}{800}$  sekon.
  - Jika arus ac yang diberikan  $i = 4 \sin 100t$  A, tentukan pers. Tegangan sesaat pd ujung induktor. Hitung tegangan pd saat  $t = \frac{11\pi}{600}$  sekon.
- Generator yang memiliki rangkaian ac kapasitif murni, frekuensi sudutnya  $120\pi$  rad/s. Jika kapasitas rangkaian adalah 6 uF dan tegangan sesaat dinyatakan oleh  $v = 10 \sin \omega t$ , tentukanlah arus listrik yang melalui rangkaian pada saat  $t = \frac{7}{480}$  sekon.
- Sebuah tegangan sinusoidal 6V efektif dan frekuensi 1000 Hz dihubungkan ke ujung-ujung sebuah induktor murni. Jika arus efektif 1,9 mA, tentukanlah nilai induktansi induktor itu.

### 3. Rangkaian Seri Resistor dan Induktor



$$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$V = IZ ; V_R = IR ; V_L = IL$$

$$\tan \phi = \frac{V_L}{V_R} = \frac{X_L}{R}$$

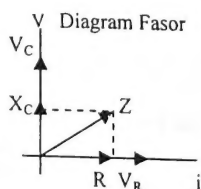
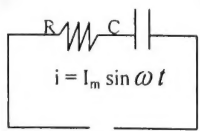
Z = Impedansi (Ohm)

Φ = Sudut fase

#### Latihan Soal

- Sebuah kumparan dengan induktansi 0,03 H dan hambatan 9 ohm dihubungkan pada jaringan 120 V,  $\frac{50}{\pi}$  Hz. Tentukan :
  - arus dalam rangkaian
  - sudut fase antara arus dan tegangan
  - persamaan arus jika tegangan sumber dinyatakan  $V = V_m \sin \omega t$
  - arus melalui rangkaian pada saat  $t = \frac{\pi}{300}$  sekon.
- Sumber tegangan bolak-balik dihubungkan dengan rangkaian seri induktor L dan resistor R. Tegangan yang diukur dengan voltmeter pada ujung R adalah 6 V, dan pada ujung L = 8 V. Bila kuat arus yang dihasilkan diukur dengan amperemeter sebesar 2 A, tentukan impedansi rangkaian tersebut !
- Dalam rangkaian seri hambatan ( $R = 60$  ohm) dan induktor dalam tegangan bolak-balik mengalir arus 2 A. Apabila dalam diagram vektor di atas  $\tan \alpha = \frac{3}{4}$ , tentukan tegangan induktor.
- Suatu kumparan dihubungkan dengan tegangan bolak-balik dan didapat hasil pengukuran pada ohmmeter, voltmeter dan amperemeter yaitu 30 ohm, 5 volt dan 100 mA. Tentukan reaktansi induktif kumparan tersebut !
- Sebuah resistor 30 ohm disusun seri dengan sebuah induktor murni 2 mH. Rangkaian ini dihubungkan ke ujung-ujung sumber tegangan yang frekuensinya dapat diubah-ubah. Pada frekuensi berapa tegangan antara ujung-ujung resistor sama dengan tegangan ujung-ujung induktor.

### 4. Rangkaian seri Resistor dan Kapasitor



Rumus dasar

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$V = IZ ; V_C = IX_C$$

$$\tan \phi = \frac{-V_C}{V_R} = \frac{-X_C}{R}$$

#### Latihan Soal

- Sebuah sumber tegangan ac 29 volt efektif memiliki frekuensi  $\frac{2000}{\pi}$  Hz. Sumber tegangan itu dihubungkan dengan resistor 40 ohm yang dirangkai seri dengan kapasitor 2,5 uF. Hitung impedansi rangkaian dan tegangan maksimum antara ujung-ujung resistor.
- Sebuah sumber arus bolak-balik dengan frekuensi sudut 104 rad/s mengalir melalui rangkaian seri resistor 10 kilo ohm dan kapasitor 0,1 uF. Jika beda tegangan efektif antara kedua ujung resistor adalah 20 V, tentukanlah beda tegangan efektif antara ujung-ujung kapasitor.
- Sebuah sumber daya 200 V, 50 Hz dihubungkan dengan resistor murni 400 ohm dan sebuah kapasitor secara seri. Jika tegangan pada resistor itu 160 V, tentukanlah tegangan dan reaktansi kapasitor.
- Sebuah resistor 20 ohm disusun seri dengan sebuah kapasitor 5 uF. Rangkaian dihubungkan ke sebuah sumber yang frekuensinya dapat diubah-ubah. Jika tegangan antara ujung-ujung resistor sama dengan tegangan antara ujung-ujung kapasitor, tentukanlah frekuensi sumber ac itu.

### 5. Rangkaian seri RLC

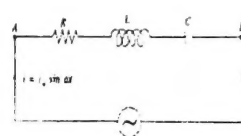


Diagram Fasor

Rumus dasar

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$V = IZ ; V_R = IR ; V_L = IX_L ; V_C = IX_C$$

$$\tan \phi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L - X_C}{R}$$

#### 6. Resonansi pd rangkaian seri RLC

Sifat rangkaian RLC :

- Jika  $X_L > X_C$  (sifat rangkaian Induktif)
- Jika  $X_C > X_L$  (sifat rangkaian Kapasitif)
- Jika  $X_L = X_C$  (resonansi)

Frekuensi resonansi rangkaian RLC

Syarat resonansi :  $X_L = X_C$

$$\omega_r = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$f_r = \frac{\omega_r}{2\pi}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

#### 7. Daya pada rangkaian seri Arus bolak-balik

$$P = V_{ef} \times I_{ef} \times \cos \phi$$

$$\cos \phi = \frac{R}{Z}$$

$$P = I_{ef}^2 \times R$$

$\cos \phi$  = factor daya

Catatan, untuk daya pada DC (searah),  $\cos \phi = 1$

1. Suatu rangkaian seri RLC,  $R = 100 \text{ ohm}$ ,  
 $i = 2\sqrt{3} \sin(200t - \theta) \text{ A}$ ,  $v = 400\sqrt{3} \sin(200t) \text{ V}$ , dan  
 $X_C = \sqrt{3} \times 10^2 \text{ ohm}$ . Tentukan
  - a. impedansi
  - b. reaktansi induktif rangkaian
  - c. sudut fase rangkaian.
2. Suatu rangkaian penerima radio beresonansi dengan pemancar yang panjang gelombangnya  $150 \text{ m}$ . Jika pemancar itu memiliki induktansi  $\frac{0,1}{16\pi^2} \text{ H}$ .
  - a. Hitunglah frekuensi resonansinya
  - b. nilai kapasitansi dari kapasitor yang diatur ( $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )
3. Sebuah resistor ( $R = 900 \text{ ohm}$ ), sebuah kapasitor ( $C = 2,5 \text{ uF}$ ) dan sebuah induktor ( $L = 0,25 \text{ H}$ ) disusun seri satu dengan lainnya. Rangkaian dihubungkan pada sumber ac dengan  $V_m = 150 \text{ V}$  dan frekuensi sudut  $400 \text{ rad/s}$ . Hitung :
  - a. impedansi rangkaian
  - b. arus maksimum yang diberikan oleh sumber
  - c. sudut fase antara arus dan tegangan
  - d. Apakah arus mendahului atau terlambat terhadap tegangan ?
4. Suatu rangkaian arus bolak-balik terdiri atas sebuah induktor yang memiliki hambatan  $30 \text{ ohm}$  dan reaktansi induktif  $120 \text{ ohm}$  yang dihubungkan seri dengan sebuah resistor  $60 \text{ ohm}$ . Rangkaian ini kemudian dihubungkan dengan sumber daya  $125 \text{ V}$ ,  $500 \text{ rad/s}$ .
  - a. Hitung arus dalam rangkaian
  - b. Berapa beda potensial ujung-ujung resistor dan ujung-ujung induktor ?
5. Sebuah kumparan dengan induktansi  $0,05 \text{ H}$  dan hambatan  $X$  disusun seri dengan sebuah resistor  $13 \text{ ohm}$ . Rangkaian ini dihubungkan pada sumber tegangan ac berfrekuensi sudut  $100 \text{ rad/s}$ . Jika beda tegangan antara ujung-ujung kumparan sama dengan antara ujung-ujung resistor. Tentukanlah impedansi kumparan dan nilai  $X$ .
6. Resistor ( $R$ )  $50 \text{ ohm}$  dan kumparan ( $L$ ) dengan reaktansi induktif  $150 \text{ ohm}$  dan kapasitor  $C$  dengan reaktansi kapasitif  $100 \text{ ohm}$  dihubungkan seri pada sumber tegangan bolak-balik. Tentukan beda fase antara arus dan tegangan dalam rangkaian.
7. Sebuah kumparan dengan reaktansi induktif  $50 \text{ ohm}$  dan hambatan ekuivalen  $200 \text{ ohm}$ , dan sebuah kapasitor dengan reaktansi kapasitif  $200 \text{ ohm}$  dihubungkan seri pada sumber tegangan bolak-balik  $12 \text{ V}$ . Tentukan kuat arus yang melalui rangkaian tersebut ?
8. Suatu rangkaian seri RLC,  $I_{rms} = 6 \text{ A}$ ,  $V_{rms} = 240 \text{ Volt}$ , dan arus meninggalkan tegangan dengan beda fase  $53^\circ$ . Berapa hambatan total rangkaian dan reaktansi rangkaian ( $X_L - X_C$ )
9. Suatu susunan seri yang terdiri atas resistor  $600 \text{ ohm}$ , kumparan dengan induktansi  $0,2 \text{ H}$  dan kapasitor  $1/6 \text{ uF}$ , dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik dengan frekuensi sudut  $6000 \text{ rad/s}$ . Tentukan :
  - a. impedansi rangkaian
  - b. pada frekuensi berapakah rangkaian itu akan beresonansi
  - c. Berapa sudut fase antara arus dan tegangan sumber
  - d. Andaikan kapasitor di atas adalah kapasitor variabel, dan kemudian diubah kapasitansya sedemikian sehingga impedansi rangkaian itu sebesar  $600 \text{ ohm}$ , berapa kapasitansi kapasitor itu sekarang ?
10. Resistor  $R = 60 \text{ ohm}$  dan inductor dengan reaktansi induktif  $160 \text{ ohm}$  dan kapasitor dengan reaktansi kapasitif  $80 \text{ ohm}$  dirangkai seri pada sumber tegangan bolak-balik  $V = 200 \sin(100\pi t)$   
 Tentukan :
  - a. impedansi rangkaian
  - b. beda sudut fase antara tegangan terhadap arus
  - c. sifat rangkaian
  - d. tuliskan persamaan arusnya
  - e. tegangan pada masing-masing komponen
  - f. daya disipasi pada rangkaian.